

協働学習による論理的、統合的・発展的に考える数学の授業づくり —予想やKJ法を取り入れた授業実践を通して—

中村 朋寛（授業実践探究コース）

1 研究の目的

中学校学習指導要領（平成29年告示）は、改定の基本方針の中で、「見方・考え方」について「各教科等を学ぶ本質的な意義の中核をなすものであり、教科等の学習と社会をつなぐものであることから、児童生徒が学習や人生において『見方・考え方』を自在に働かせることができるようにすることにこそ、教師の専門性が発揮されることが求められる」と記述している。特に、「数学的な見方・考え方」については、中学校学習指導要領解説数学編（以下「解説」と記す）に「事象を、数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的、統合的・発展的に考えること」と書かれており、「論理的、統合的・発展的」に考えることが重要であるといえる。

解説には、「協働的な活動を通して、生徒同士の多様な考えを認め合うことも重要である。多様な考えを相互に出し合い認め合うことは、よりよい問題解決を実現するだけでなく、次の機会に向けた新たな発想を引き出すことにつながる。」とも書かれている。多様な考えを相互に出し合うためには、生徒一人一人が自身の考えの根拠を明らかにして伝えるといった論理的思考が求められる。また、出した考えを認め合うことは、他者の多様な考えを取り入れ、自分の考えと結びつけることであり、統合的思考が重要である。次の機会に向けた新たな発想を引き出すためには物事を固定的なものと考えず、考察の範囲を広げる発展的思考が欠かせない。これらのことから、論理的、統合的・発展的に考える数学の授業を作るためには、協働学習が有効的な手段であると考えられる。

坂本（2008）の述べる「協働学習」の捉え方を援用し、数学における協働学習を捉え直すと、「数学が苦手な生徒も自分なりの気づきを持ち、自分の気づきを周りに伝えたり、反論や違う考えを聞いたりすることでより自分の考えが深まり、理解につながっていくこと」となる。「協働学習」を実現させて、生徒が論理的、統合的・発展的に考える授業実践を行うことが、本研究の目的である。

1-1 論理的、統合的・発展的な思考

先に述べたように中学校学習指導要領（平成29年告示）解説数学編には、「数学的な見方・考え方」は、「事象を、数量や図形及びそれらの関係などに着目して捉え、論理的、統合的・発展的に考えること」と述べられている。この「論理的、統合的・発展的に考える」とは具体的にどのようなことが明らかにしたい。斎藤（2011）は、「論理的な思考」について、「根拠を明らかにしようとする思考が論理的思考である」と述べている。小学校学習指導要領（平成29年告示）解説には、「統合的」に考察するとは、「異なる複数の事柄のある観点から捉え、それらに共通点を見いだして一つのものとして捉え直すこと」と述べられている。また、「発展的」に考察するとは、「物事を固定的なもの、確定的なものと考えず、絶えず考察の範囲を広げていくことで新しい知識や理解を得ようとする」と述べられている。つまり、「論理的、統合的・発展的な思考」とは、「根拠を明らかにしたり、異なる複数の事柄に共通点を見いだしまとめたり、一つの考えに留めず絶えず考察の範囲を広げたりする思考」である。本研究では、生徒にこれらの思考を働かせる授業を目指す。

1-2 協働学習

坂本(2008)が『協働学習』とは何かで述べている「協働学習」を簡潔にまとめると次の3つを満たすような学習である。

第一に、他の組織や地域、異なる文化に属する、あるいは多様で異質な能力を持った他者との出会いが前提となる。

第二に、学習者の高い自立性と対等なパートナーシップ、相互の信頼関係の構築である。

第三に、学習目標や課題、価値観および成果の共有である。

数学の授業においてクラスには多様で異質な能力を持つ生徒の存在が前提にあるので第一は常に満たされている。第二について坂本は次のように述べている。「一方が他方に依存する、あるいは一方的に恩恵を与えるだけの関係では、『協働学習』は成立しない。」つまり、数学の授業では、理解した生徒が理解していない生徒に一方的に説明するだけでは「協働学習」とは言えない。問題の答えがわからない生徒も自分なりの気づきを持ち、その気づきを伝え合う活動を通して初めて「協働学習」が成立するだろう。第三については、「参加する学習者同士を結びつけるのは、共有された学習目標や課題の達成への強い意思に他ならない。それは他者同士の出会いから生まれる矛盾や葛藤を止揚し、新たな共同体と価値観を創造することにつながる。」と述べられている。つまり、自身の考えを伝えるだけでなく、目標や課題の達成のために他人の考えにも耳を傾け新たな考えを生み出すことが求められる。数学の授業においては、一人では解決できない課題や他人の考えを聞くことで考えが深まる課題に取り組むことで、第三についても満たすことができるのではないだろうか。

以上のことから本研究における数学の授業での協働学習を、「数学が苦手な生徒も自分なりの気づきを持ち、自分の気づきを周りに伝えたり、反論や違う考えを聞いたりすることでより自分の考えが深まり、理解につながっていくこと」と定義し直した。「協働学習」を実現するために具体的な方法として、本研究では予想を取り入れた問題解決の授業と KJ 法を取り入れた授業実践を行った。

2 授業開発の方法

協働学習を実現する具体的な方法として、「予想」を取り入れた問題解決の授業と KJ 法を取り入れた授業を行ったが、紙面の都合上、KJ 法を取り入れた授業についてのみ記述する。

2-1 KJ 法について

KJ 法とは一箇所に集められた多くの情報に対してグルーピング、ラベリング、図解化、文章化という手順を踏むことで、本質的問題の特定や新たな問題解決策の発見、革新的アイデアの創出などを実現させることができる創造的問題解決技法や創造性開発技法の1つである。

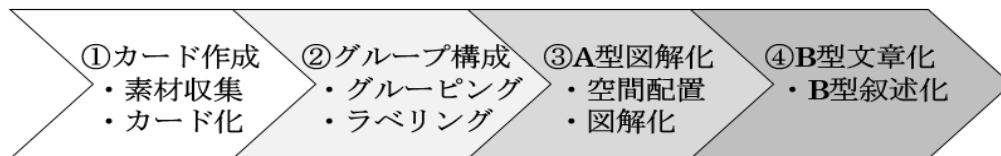


図1 KJ 法の手

本来の KJ 法は上の図の①～④の手順で行う。しかし、数学の授業で、「生徒のそれぞれの気づきからまとめを作る」ことを目的として KJ 法を取り入れるので、①～④のうち、①と②のみを行う。4つの作業「素材収集」「カード化」「グルーピング」「ラベリング」の詳細は以下の通りである。

「**素材収集**」：ワークシートに自分の気づきを書きこむ

「**カード化**」：付箋紙に自分の考えを1枚につき1つずつ書きこむ

「**グルーピング**」：班で話し合いながら、模造紙に同じまたは似ている内容の付箋紙を集めて貼る

「**ラベリング**」：各グループの内容を表現する名前をつける

2-2 KJ法を取り入れた授業

KJ法を数学の授業に取り入れると図2のような授業になる。

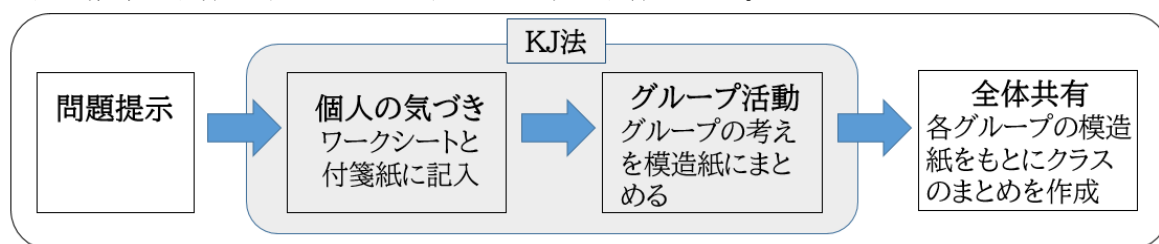


図2 KJ法を取り入れた授業の流れ

問題提示で授業の目標や内容を明確にし、個人の気づきで「素材収集」と「カード化」、グループ活動で「グルーピング」「ラベリング」を行う。「カード化」することで生徒一人一人が自分なりの気づきを持つことができ、それをもとに「グルーピング」を行うので自分とは違う考えも知ることができる。さらに、最後は「ラベリング」を通してグループの考えをまとめることで個人での考えより理解を深めることができる。これは「協働学習」の定義を満たしており、有効な手段だと考える。

3 授業実践

3-1 実践の概要

本研究はS県H中学校の第3学年1クラス計31名（男子16名、女子15名）を対象に授業実践を行った。単元は「関数 $y = ax^2$ 」で全8時間、そのうち5時間目に研究授業としてKJ法を援用した授業実践を行い分析した。授業実践④では、式から表を作り、図3のように $y = x^2$, $y = 2x^2$, $y = \frac{1}{2}x^2$, $y = -x^2$, $y = -2x^2$, $y = -\frac{1}{2}x^2$ の6つのグラフをかくという学習をしている。

表1 単元計画

章	内容	
4章 関数 $y = ax^2$	関数 $y = ax^2$	授業実践①
	関数 $y = ax^2$	授業実践②
	関数 $y = x^2$ のグラフ	授業実践③
	関数 $y = ax^2$ のグラフ	授業実践④
	関数 $y = ax^2$ のグラフ	研究授業
	関数 $y = ax^2$ の値の増減と変域	授業実践⑥
	関数 $y = ax^2$ の変化の割合	授業実践⑦
	平均の速さ 一次関数と関数 $y = ax^2$	授業実践⑧
	関数 $y = ax^2$ の利用 色々な関数	

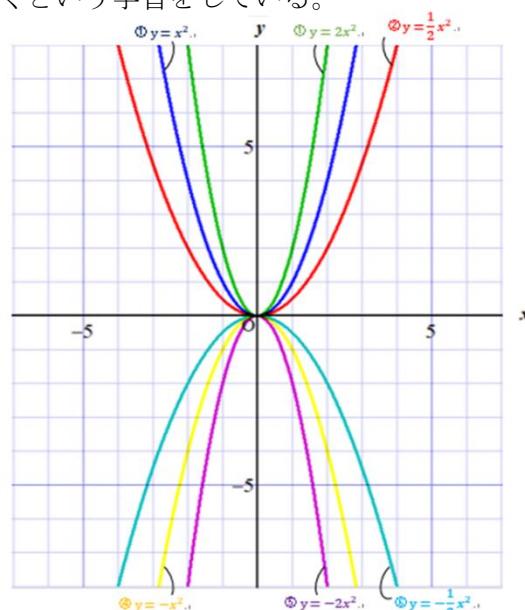


図3 授業実践④でかいた6つのグラフ

3-2 研究授業

研究授業の目標は関数 $y = ax^2$ のグラフの性質を自分たちで見つけ、まとめることであり、ワークシートと班ごとに配布した模造紙の記述で評価を行った。授業の導入では、関数 $y = ax^2$ の式とグラフの組み合わせを予想する問題を投げかけた。上で記述したように授業実践④で全員が6つのグラフをかいてはいるがそこで出こなかった式も含まれるので予想できない生徒も多くいた。関数 $y = ax^2$ のグラフの性質を今回のワークシートに記入させると、全員が最低でも一つは自分の気づきを書くことができおり、その気づきを付箋紙にも書かせてグループごとにKJ法を実施した。班ごとに関数

$y = ax^2$ のグラフの性質についてのまとめを作成し、最後は各班の模造紙を黒板に貼りだし、それぞれのまとめを集約することでクラスとしてのまとめが完成した。全体共有の後、導入の問題と類似問題を出すほとんどの生徒が即答できていた。

4 授業分析の結果と考察

授業分析を行う上で、先に述べたものを基にこの授業での「論理的思考」「統合的思考」「発展的思考」を次のように定義する。「論理的思考」とは、「自分が気づいたグラフの性質に根拠を持ち、周りに説明すること」。「統合的思考」とは、「異なる複数のグラフをある観点から捉え、それらに共通点を見いだして一つのものとして捉え直すこと」。「発展的思考」とは、「グラフの性質を自分が気づいた内容に留めず、考察の範囲を広げていくことで新しい知識や理解を得ようとする事」である。ここで定義した思考が授業でどれだけ見られたのか量的分析から質的分析を行うことで明らかにした。

4-1 量的分析

教科書 p.97 (啓林館) の「関数 $y = ax^2$ のグラフについてのまとめ」を下の図 4 のように 8 項目に分類した。

① $y = ax^2$ のグラフは放物線でその軸は y 軸、頂点は原点である。		
A	B	C
② $y = ax^2$ のグラフは、比例定数 a の符号によって次のようになる。		
A		
・ $a > 0$ のとき、 x 軸の上側にあり、上に開いている。		
B		
・ $a < 0$ のとき、 x 軸の下側にあり、下に開いている。		
C		
③ $y = ax^2$ のグラフは、比例定数 a の絶対値が大きいほど、開き方が小さくなっている。		
A	B	

図 4 関数 $y = ax^2$ のグラフの性質 8 項目

正しい記述あるいは言葉が違ってても意味的に等しい記述のものには○、言いたいことは分かるが数学的に正しくない表現のものには△、記述が全く見られないものには×というような評価基準を設定し、「ワークシートの個人の気づき」と「KJ 法で使用した各班の模造紙」の両方を分析することで図 4 で示した 8 項目のうちどの程度かけていたかを調べた。

名前(イニシャル)	①			②			③		班
	A	B	C	A	B	C	A	B	
U・K	×	○	△	×	×	×	×	×	1班
O・M	×	×	△	×	×	△	×	×	
T・I	○	×	△	×	×	×	△	△	
Y・H	×	○	△	○	△	△	×	×	
I・R	×	×	×	×	×	×	△	△	2班
O・N	×	×	×	○	△	△	○	○	
N・Y	×	×	×	×	×	×	×	×	
Y・R	×	×	×	×	×	○	○	○	
I・Y	○	△	×	×	○	○	×	×	3班
I・M	×	△	×	×	×	△	×	×	
S・A	○	×	○	×	○	○	×	○	
M・S	×	×	△	×	×	×	×	×	
Y・K	×	△	×	×	×	×	×	×	4班
N・Y	×	×	×	×	△	△	△	△	
N・H	×	×	×	×	×	×	△	△	
M・I	×	×	△	×	×	×	×	×	
Y・Y	×	×	×	×	×	×	×	×	5班
Y・M	×	×	×	○	○	○	×	×	
T・Y	○	○	×	×	×	×	△	△	
N・R	×	×	×	○	○	○	×	×	
M・H	×	×	×	×	×	△	△	△	6班
Y・T	×	×	×	×	×	○	△	△	
T・S	×	×	×	×	×	×	○	○	
T・A	×	×	×	×	×	△	×	×	
N・K	×	×	×	×	○	○	△	△	
H・N	×	×	△	△	○	○	×	×	

図 5 ワークシートの個人の気づきを分析

班	①			②			③	
	A	B	C	A	B	C	A	B
1	○	○	△	○	△	△	△	△
2	×	○	×	○	△	○	○	○
3	○	△	○	×	○	○	○	○
4	×	×	△	○	○	○	△	△
5	×	○	△	○	○	○	△	△
6	×	×	△	○	○	○	○	○

図6 KJ法で使用した模造紙を分析

図5と図6を比較すると、個人の気づきの中で、一人でも○の人がいる項目はグループのまとめでもほとんどが○になっていることが分かる。これは個人活動からグループ活動へと移った時に、ほとんどの生徒が自分の気づきを班のみんなに伝え、班のみんなもそれが正しい性質だと理解できたからだと考える。また、クラス全体で見ると8項目中○がない項目は1つもない。これは同じ内容の授業を行った他の2クラスでも同じ結果だった。このことから生徒の気づきを上手く集めれば、生徒の気づきから教科書のようなまとめを作ることができると分かった。個人の気づきでは全員×だが、グループのまとめでは○になっている項目が2班で見られたので、これはグループ活動を通して新たに性質を見つけ出した場面があるのではないかと考え、ICレコーダーとビデオの記録を質的に分析した。

4-2 質的分析

ICレコーダーとビデオの記録をもとにKJ法の活動の最中にどのような会話が行われ、どのような思考が働いていたのかを分析した。量的分析の結果から特に2班に注目すると、グループ活動の中で下の図7、図8、図9のような会話が行われていた。

Y：なんか他にないか見つけよくよ

:

Y：(Iに指で示しながら) + だったら y 軸の、
いや x 軸の上にひらくってかいて！

図7 2班のグループ活動中の会話1

N：線対称とかでいいよね？

O：うん・・・

あ、でもあれだと思う、x軸に対してとか

:

N：あ、y軸を中心に・・・

図9 2班のグループ活動中の会話3

Y：数学だから・・・

O：+の？ ($a > 0$ の放物線のジェスチャー)

Y：($a > 0$ の放物線のジェスチャー)

ひらく？なんて言う？なんていうんやろうか？

Y：ひらきかた！何だろう名前これ？

O：(放物線をかくジェスチャー) グラフの開く？
(中略)

図8 2班のグループ活動中の会話2

「上下で」線の長さや、通っている位置が同じ。
「+」と「-」では O を中心に線対称になっている

図10 Nさんのワークシートの記述

これらの会話から生徒が論理的、統合的・発展的に考えることができているかを考察する。図7は、YさんがIさんに関数 $y = ax^2$ のグラフは a の符号によって開く向きが決まることを伝えようとしている部分である。少し言葉足らずなところもあるが、 a が+のときグラフはx軸の上にひらくという正しい性質を指で示しながら説明できている。これは、「自分が気づいたグラフの性質に根拠を持ち、周りに説明すること」ができているので、論理的思考が見られたといえる。図8の会話より生徒たちは6つのグラフから開き方に着目し、性質としてまとめている。これは「異なる複数のグラフをある観点から捉え、それらに共通点を見いだして一つのものとして捉え直すこと」であり、このことから生徒は統合的に考えることができていたと考える。図9と図10を比較すると、元々Nさんはx軸に対する線対称について記述している。しかし、グループでの対話を通してx軸に対する線対称

ではなく、y 軸に対する線対称ということに気づいている。これは、「グラフの性質を自分が気づいた内容に留めず、考察の範囲を広げていくことで新しい知識や理解を得ようとする」つまり発展的に考えた結果である。

5 研究の成果と課題

5-1 研究の成果

授業に KJ 法を取り入れたことで、生徒一人一人の考えが可視化され、それぞれの考えについて対話を通してまとめることにより協働学習が実現することができた。また、授業を「論理的思考」「統合的思考」「発展的思考」それぞれの視点で細かく分析すると、3つすべての思考が見られた。特に「論理的思考」と「統合的思考」は分析で示している班以外でも、授業中の様子やワークシートと模造紙の比較から見とることができた。これらのことから、協働学習は論理的、統合的・発展的に考える授業作りの有効な手段であったと考える。

また、教科書のまとめの内容を教師主導ではなく、生徒の気づきから作ることができた。量的分析で述べたように、授業を行った3クラスそれぞれで生徒の気づきを集めると全項目を満たしていたことから、KJ法を取り入れた授業は他のクラスや学校で行ってもある程度同様の結果を得られることが期待できる。これまで数学の授業でKJ法を取り入れるというのは前例がなかったことから新規性のある授業ができたと考える。

5-2 研究の課題

課題としては、KJ法を取り入れることで生徒が論理的、統合的・発展的に考える場面が見られたものの、毎時間行うことは内容的にも時間的にも厳しい現実がある。今回は、内容が教科書のまとめの部分だったのでKJ法を効果的に取り入れることができた。しかし、単元の前半はある程度知識を得る段階なので内容的に自分たちで気づいてまとめるという作業は難しい。さらに、中学校数学は基礎学力の向上を課題としているところも多く、今回のような自ら考える時間と同様に反復練習の時間も必要なことから、バランスが重要である。

また、生徒一人一人の思考を見とることができなかった。成果でも述べたように班単位なら「論理的思考」と「統合的思考」はある程度見とることができたが、「発展的思考」も含め個人の思考はグループワークの様子を見ないと見とることができなかった。

以上のことを踏まえ、今後は「論理的、統合的・発展的な思考」の中でも生徒にどの思考を働かせてほしいのか、ねらいをもって授業を作り、生徒一人一人が意図した思考を働かせているか見とることができる実践にしたい。

〈引用・参考文献〉

- ・ 斉藤成海(2011)「数学的な見方や考え方を基盤とした論理的な思考」, 群馬大学教育実践研究 別刷, 第28号, pp.31~37。
- ・ 坂本旬(2008)『『協働学習』とは何か』, 法政大学キャリアデザイン学会, 『生涯学習とキャリアデザイン』, 5, pp. 49-57。
- ・ 相馬一彦(1997)『数学科「問題解決の授業」』, 明治図書。
- ・ 文部科学省(2018)『中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 数学編』, 日本文教出版株式会社。
- ・ 文部科学省(2018)『小学校学習指導要領(平成29年告示)解説』, 日本文教出版株式会社。
- ・ BizHINT「KJ法とは? メリットやデメリット, 実施方法をご紹介」
<https://bizhint.jp/keyword/143560> (H31.10.16 閲覧)